



CÓDIGO		REV.
MC-DF001-20-05-2019-DER-001-001		A
EMIÇÃO	ELABORADO POR	FOLHA
Mai / 2019	JHLD / MLGM / TJS	1 de 22
EMITENTE		

DOCUMENTO TÉCNICO

NCEE

EMITENTE

NCEE - NÚCLEO DE CAPACITAÇÃO EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS LTDA

LOCAL

DF003 - ESTRADA PARQUE INDÚSTRIA E ABASTECIMENTO (EPIA) - Km 13

CIDADE

SUB-TRECHO

BRASÍLIA - DF

DF-025 (EPDB) a DF-075 (EPNB)

MEMÓRIA DE CÁLCULO – PONTES SOBRE O CÓRREGO RIACHO FUNDO

ELABORAÇÃO	RESP. TÉCNICO	VERIFICAÇÃO	LIBERAÇÃO	APROVAÇÃO
Eng.º João Henrique L. Damasceno Eng.º Matheus Lorena G. Marquesi Eng.º Tiago J. Santos		Eng.º João Henrique L. Damasceno Eng.º Matheus Lorena G. Marquesi Eng.º Tiago J. Santos		

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

CADASTRAMENTO GEOMÉTRICO

DOCUMENTOS RESULTANTES

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	RESP. TÉCNICO	VERIFICAÇÃO	LIBERAÇÃO	APROVAÇÃO

Sumário

1 APRESENTAÇÃO	3
2 CONSIDERAÇÕES GERAIS	3
2.1 LOCALIZAÇÃO DA OBRA.....	3
2.2 CARACTERÍSTICAS DA OAE EXISTENTE.....	3
2.3 CARACTERÍSTICAS DA OAE COM REFORÇO PROPOSTO	4
2.4 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	6
3 SOFTWARES UTILIZADOS	6
3.1 PROGRAMA FTOOL	6
3.2 PLANILHAS DE CÁLCULO - EXCEL.....	6
4 APRESENTAÇÃO DOS MODELOS, MATERIAIS, RESULTADOS E SOLUÇÕES ADOTADAS	6
4.1 MODELO COMPUTACIONAL E DE CÁLCULO.....	7
4.2 CARREGAMENTOS VERTICAIS ATUANTES NA SUPERESTRUTURA (VIGAS LONGARINAS)	8
4.3 ESFORÇOS SOLICITANTES NA VIGA CENTRAL E REFORÇOS.....	11
4.4 ESFORÇOS SOLICITANTES NAS LAJES E REFORÇOS	15
4.5 FUNDAÇÃO	17
4.6 LAJE DE APROXIMAÇÃO	17
4.7 CONTENÇÃO.....	18
ANEXO A – CÁLCULOS DAS ARMADURAS NO ESTÁDIO 2 – TENSÃO ADMISSÍVEL ARMADURA COM TENSÃO ADMISSÍVEL DE 150MPA (NB1)	19

TOTAL 22 PÁGINAS

DOCUMENTO TÉCNICO

1 APRESENTAÇÃO

Este relatório integra o conjunto de documentos associados às pontes sob o córrego Riacho Fundo, situadas no km 13 da DF-003 - Estrada Parque Industria e Abastecimento (EPIA), entre Candangolândia e Park Way, na cidade de Brasília-DF, e trata do memorial de cálculo do projeto básico de recuperação e readequação de trem-tipo das obras.

São objetos do presente Memorial de Cálculo: a apresentação da tabela de esforços nas longarinas e lajes tanto para o cenário correspondente a data do projeto original quanto do cenário relativo à recuperação e readequação de trem-tipo; resultados do dimensionamento para ambos os cenários e a definição do reforço estrutural.

2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

2.1 LOCALIZAÇÃO DA OBRA

Nome da obra	-	Pontes Sobre o Córrego Riacho Fundo
Rodovia	-	DF-003 - Estrada Parque Industria e Abastecimento (EPIA) km-13
Subtrecho	-	DF-025 (EPDB) a DF-075 (EPNB)

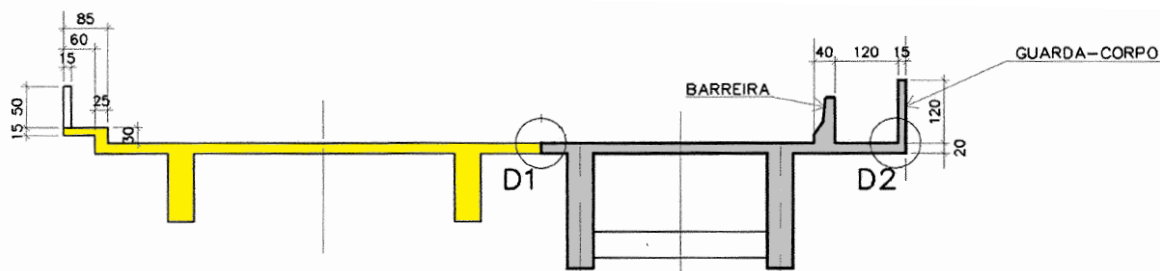
2.2 CARACTERÍSTICAS DA OAE EXISTENTE

Trata-se de duas Obras de Arte Especiais (OAE) em traçado retilíneo, reto ao obstáculo e em nível longitudinal e transversal constituídas, cada uma, por uma ponte (seção antiga, em amarelo) e por um alargamento (em cinza), conforme Figura 1. Não foram avaliados os alargamentos.

Ambas as pontes apresentam extensão de 30,40m, composta por tabuleiro único isostático de 1 (um) vão e 2 (dois) balanços longitudinais. Possuem superestrutura com arranjo estrutural tipo 2 (duas) vigas e mesoestrutura formada por 2 (duas) linhas de apoio.

Transversalmente a obra apresenta largura total de 9,15m, compreendendo duas faixas de rolamento no mesmo sentido, perfazendo leito carroçável com 8,30m (largura útil), bem como passeio com guarda-corpo em um dos lados e junta longitudinal (Detalhe D1 - Figura 1), a qual separa a ponte em análise do Alargamento feito posteriormente (Figura 1).

Figura 1: Seção transversal típica da Ponte + Alargamento



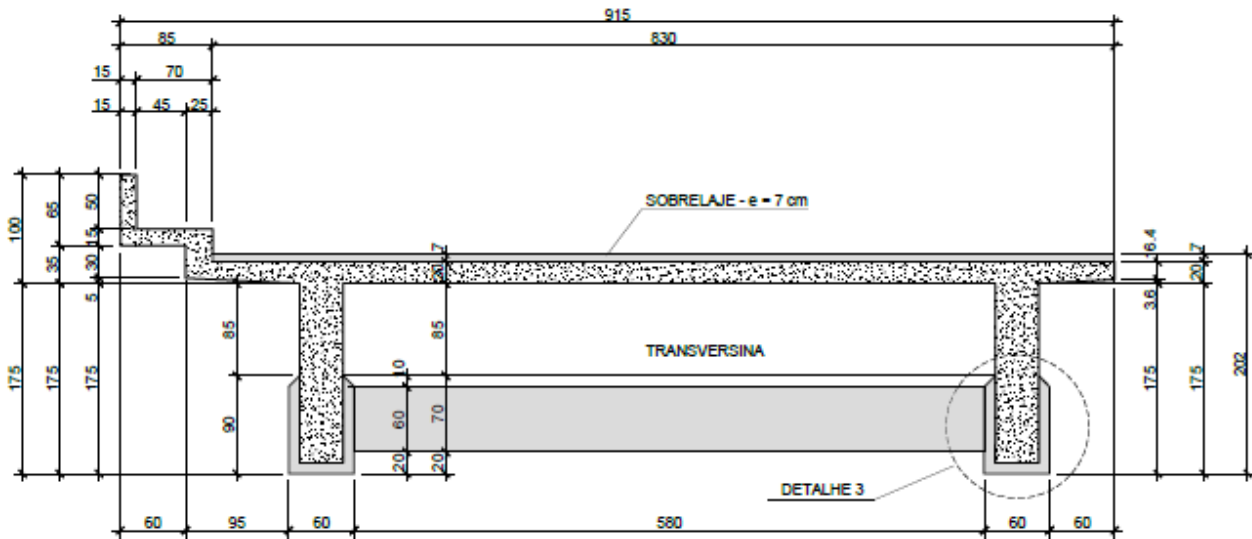
Ponte analisada (em amarelo); Alargamento (em cinza)

DOCUMENTO TÉCNICO

2.3 CARACTERÍSTICAS DA OAE COM REFORÇO PROPOSTO

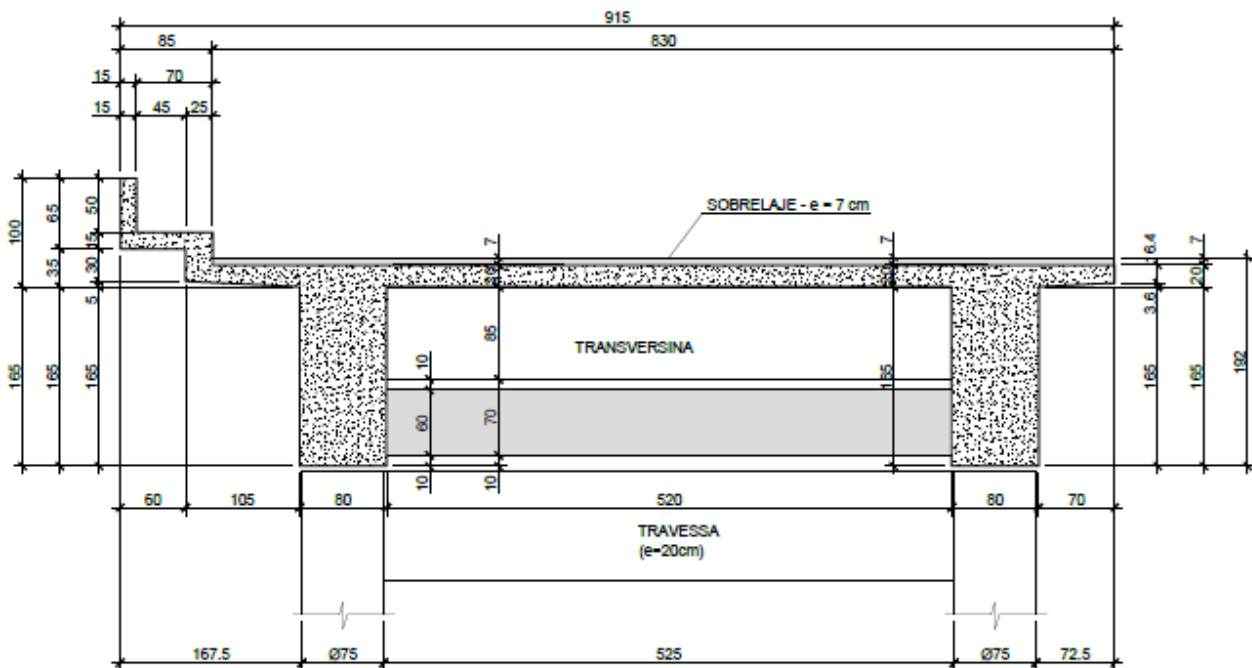
SEÇÃO TRANSVERSAL NO VÃO

ESC.: 1:50



SEÇÃO TRANSVERSAL NOS APOIOS

ESC.: 1:50



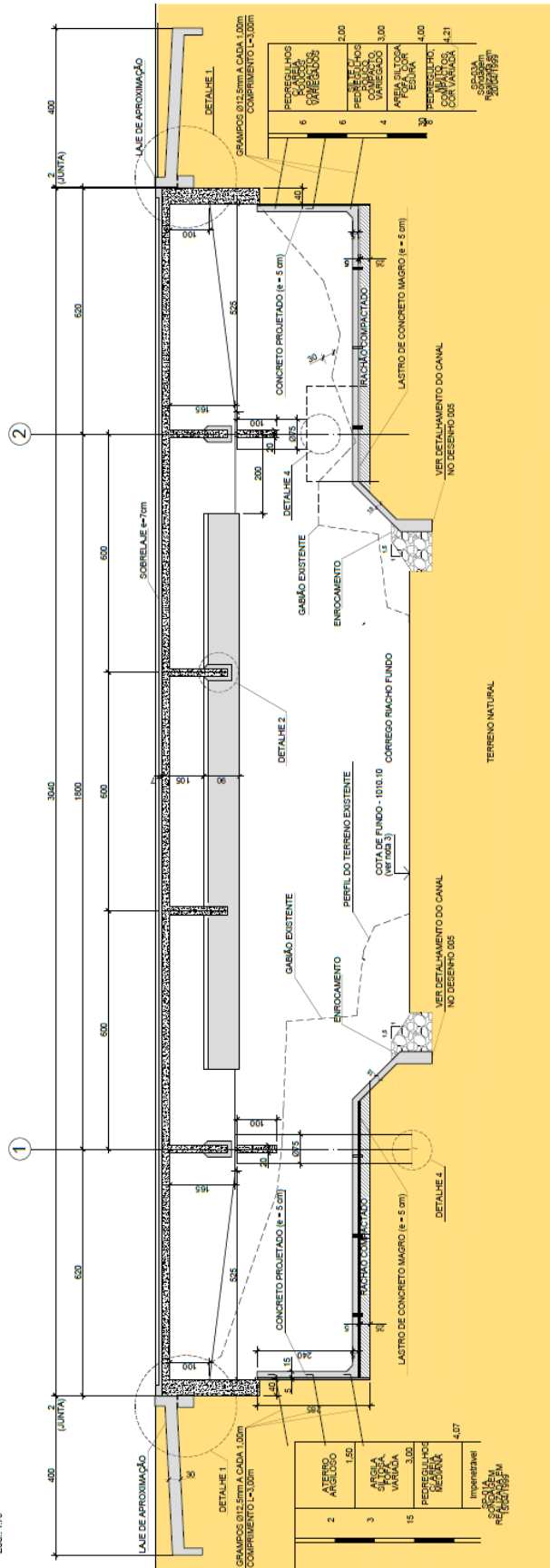
CÓDIGO		REV.
MC-DF001-20-05-2019-DER-001-001		A
EMIÇÃO	ELABORADO POR	FOLHA
Maio / 2019	JHLD / MLGM / TJS	5 de 22
EMITENTE		

NCEE

DOCUMENTO TÉCNICO

CORTE LONGITUDINAL PELO EIXO DA OBRA

ESC.: 1/75



DOCUMENTO TÉCNICO

2.4 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Como se trata de projeto de uma ponte construída em meados da década de 1960, levou-se em consideração, para a obtenção das armaduras existentes, as Normas Brasileiras vigentes na época de construção das OAE's, e bibliografias complementares como seguem:

- NB1 – Cálculo e execução de obras de concreto armado;
- NB2 – Cálculo e execução de pontes de concreto armado;
- NB6 – Cargas para pontes rodoviárias;

O projeto de readequação, recuperação e reforço estrutural foi elaborado conforme as Normas Brasileiras atuais:

- NBR 6118:2014 - Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento;
- NBR 6122:2010 - Projeto e Execução de Fundações;
- NBR 6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações – Procedimento;
- NBR 7187:2003 - Projeto e Execução de Pontes em Concreto Armado e Protendido;
- NBR 7188:2013 - Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas.

3 SOFTWARES UTILIZADOS

- Ftool;
- Microsoft Office Word;
- Microsoft Office Excel.

3.1 PROGRAMA FTOOL

Ferramenta para análise de estruturas bidimensionais (determinação dos esforços solicitantes, reações e deslocamentos). Detalhes sobre o programa podem ser obtidos no endereço eletrônico: <https://www.alis-sol.com.br/Ftool/>.

3.2 PLANILHAS DE CÁLCULO - EXCEL

Planilhas de cálculo parametrizadas e elaboradas para dimensionamento / verificação de estruturas, a saber:

- Dimensionamento à flexão, torção e cisalhamento;
- Verificação ELS

4 APRESENTAÇÃO DOS MODELOS, MATERIAIS, RESULTADOS E SOLUÇÕES ADOTADAS

Pelo fato de não se ter o projeto original das pontes, estimaram-se as armações existentes a partir das normas de 1960: NB6 (Norma de cargas móveis em pontes rodoviárias) e NB1 (Norma de cálculo e execução de obras de concreto armado). Na sequência, são calculadas as armaduras necessárias para as normas atuais NBR7188: 2013 (Norma de cargas em pontes rodoviárias) e a NBR 6118: 2014 (Norma de concreto estrutural). Foi considerado que o aço existente é o C37A com $f_{adm} = 150$ MPa e $f_y = 240$ MPa.

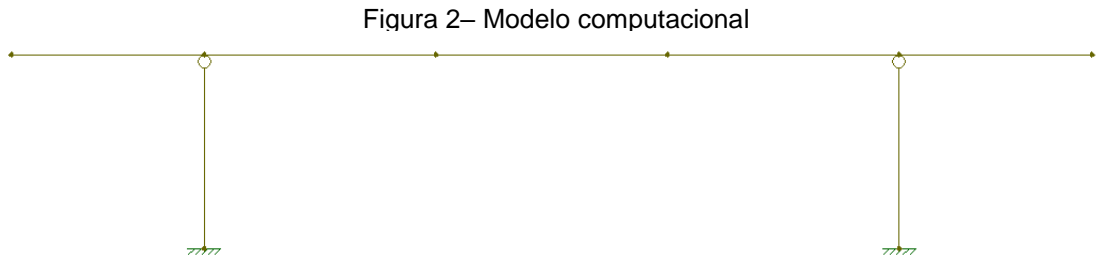
Ressalta-se que, neste projeto básico, foram adotadas lajes de aproximação em ambas extremidades das obras, sendo apoiada por articulação de concreto (freyssinet) na estrutura existente. Além disso, foi adotada sobrelaje com 7 cm de espessura, além de aumento de seção de longarinas e transversinas.

DOCUMENTO TÉCNICO

4.1 MODELO COMPUTACIONAL E DE CÁLCULO

Foi elaborado um modelo computacional bidimensional (2D) em que foram aplicadas as cargas permanentes, além do trem-tipo longitudinal para cálculo das vigas Longarinas.

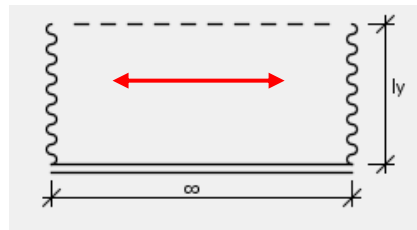
A Figura 2 apresenta em elevação longitudinal o modelo computacional elaborado.



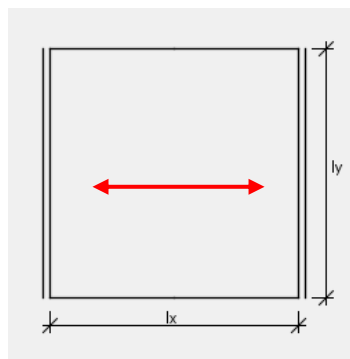
Fonte: Próprio autor

Para as lajes, foram consideradas as seguintes hipóteses de vinculação para o balanço e para a laje típica central.

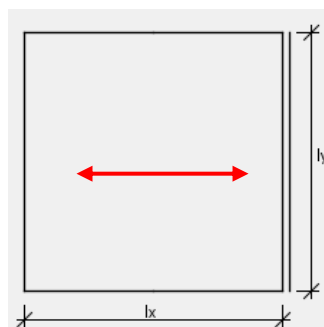
Balanço:



Laje central (entre transversinas intermediárias):



Laje central (entre transversinas encontro e intermediárias):



Setas em vermelho: direção do tráfego

DOCUMENTO TÉCNICO

4.2 CARREGAMENTOS VERTICAIS ATUANTES NA SUPERESTRUTURA (VIGAS LONGARINAS)

- Cargas permanentes por Viga Longarina

Longarina s/ reforço (h=145 cm)	1,7 tf/m
Longarina c/ aumento da seção*	1,8 tf/m
Laje	2,3 tf/m
Pavimento	1,1 tf/m
GR	1,0 tf/m
Recapeamento (novo)*	0,9 tf/m
Sobrelaje 7 cm (novo)*	0,8 tf/m

NB6	NBR 7188
6,0 tf/m	7,8 tf/m

Transversinas	2,1 tf
Laje de aproximação (novo)*	6,8 tf

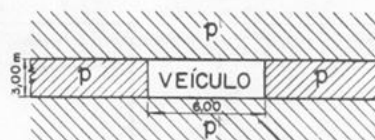
* considerado para a situação final

- Carga Móvel

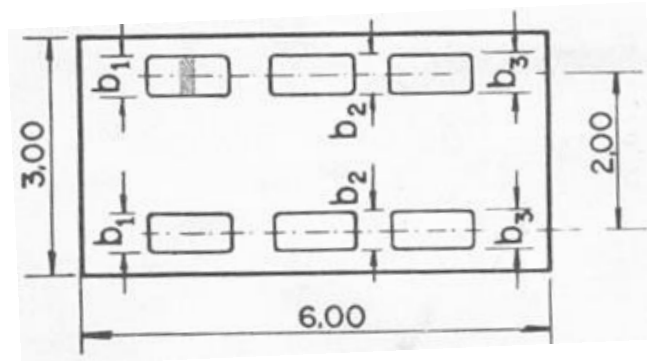
A Figura 3 apresenta o trem-tipo considerado para a situação original de projeto

Figura 3– TB36 conforme norma NB6/1960

CLASSE DA PONTE	VEÍCULO		CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDA			CLASSE DA RODOVIA
	Tipo	Pêso Total (t)	p (kg/m ²)	p' (kg/m ²)	Disposição da carga	
36	36	36	500	300	Carga p à frente e atrás do veículo.	Classe I
24	24	24	400	300	Carga p' no restante da pista e passeios.	Classe II
12	12	12	300	300		Classe III

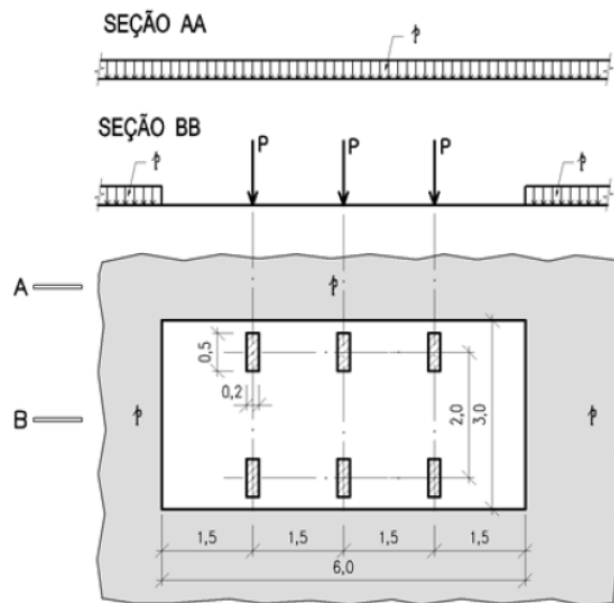


DOCUMENTO TÉCNICO



Para a readequação foi considerado o Trem-tipo TB450 conforme prescrito no item 5 da NBR 7188:2013. O veículo a ser utilizado possui 6 rodas com carga de $75\text{kN} \approx 7,5\text{tf}$ cada, dispostas como mostra a Figura 4. A sobrecarga distribuída devido à multidão deverá ser de $5\text{kN/m}^2 \approx 0,5\text{tf/m}^2$.

Figura 4– TB450 conforme norma ABNT NBR7188:2013

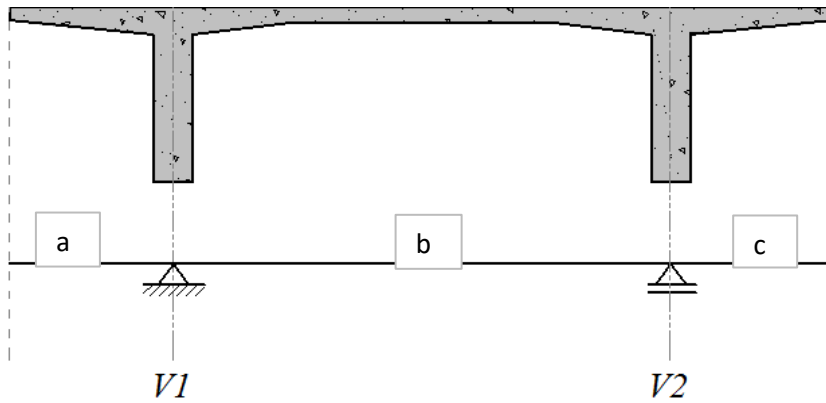


Dimensões em m

Na sequência são apresentados os cálculos realizados para determinação do trem-tipo longitudinal máximo ($TTL_{\text{máx}}$) tanto para o TB36 quanto para o TB450.

DOCUMENTO TÉCNICO

Carga Variável devido ao Trem-tipo



Transversal

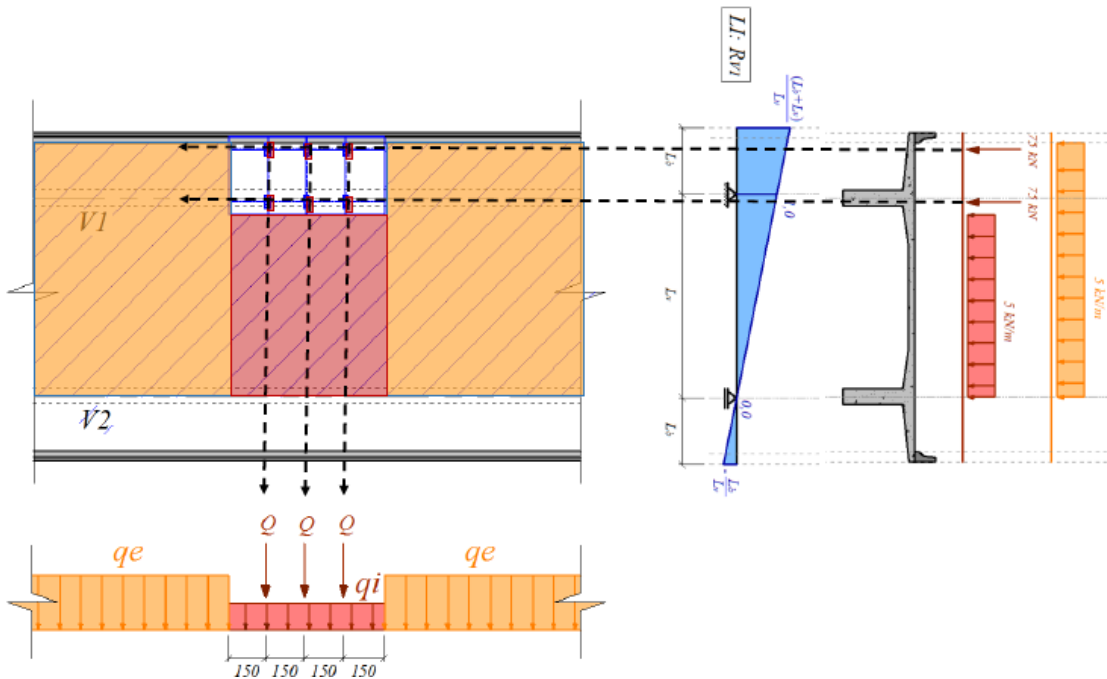
a (m) = 1,0
 b (m) = 6,1
 n (faixas) = 2

c (m) = 1,0
 GR (m) = 0,4

Longitudinal

L central (m) = 18
 L balanço esquerda (m) = 5,65
 L balanço direita (m) = 5,65

Determinação do TTL máx - V1



TB36		TB45	
P (tf) =	11,52	P (tf) =	14,40
pi (tfm) =	0,49	pi (tfm) =	0,82
pe (tfm) =	1,27	pe (tfm) =	2,11

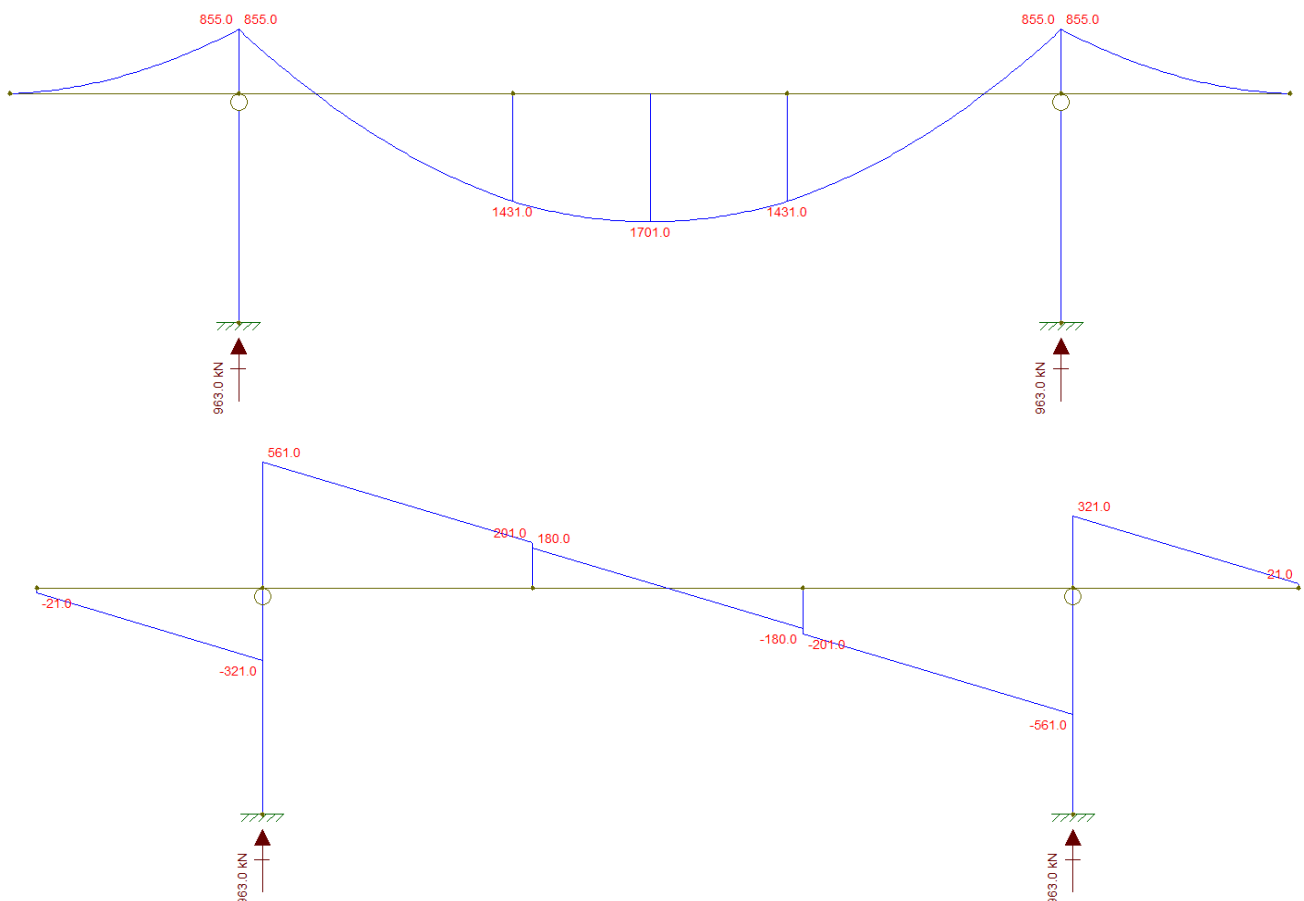
DOCUMENTO TÉCNICO

NB6		NBR 7188	
$\phi =$	1,27	CIV =	1,31
		CNF =	1,00
Q (tf) =	14,68	Q (tf) =	18,90
qi (tf/m) =	0,63	qi (tf/m) =	1,08
qe (tf/m) =	1,62	qe (tf/m) =	2,77

4.3 ESFORÇOS SOLICITANTES NA VIGA CENTRAL E REFORÇOS

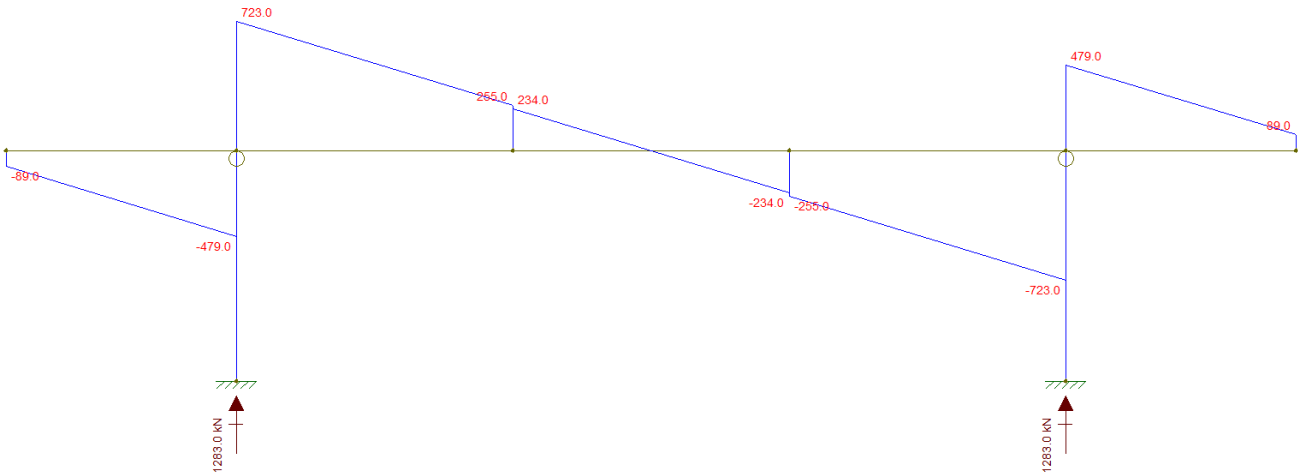
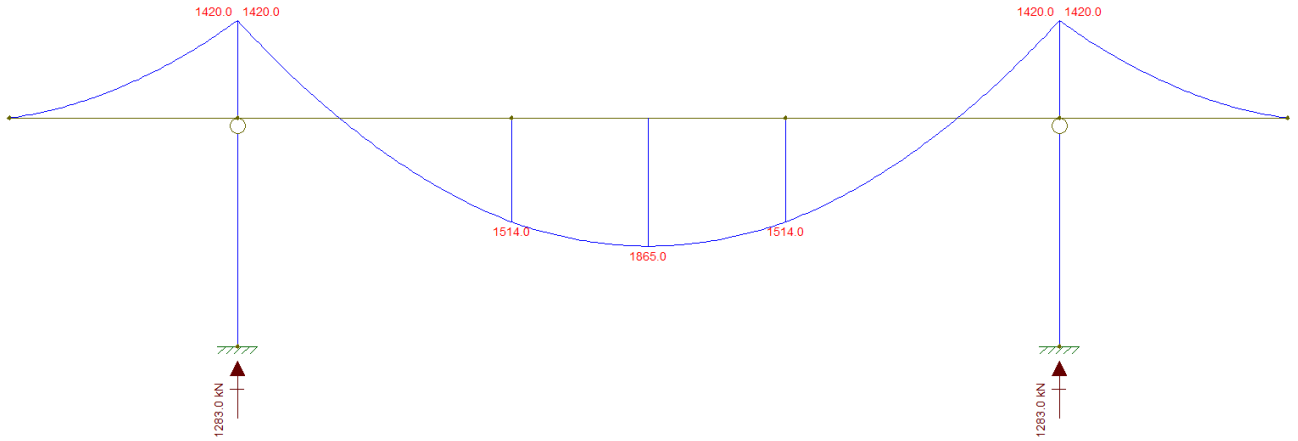
- Permanente

Projeto original (kNm; kN)

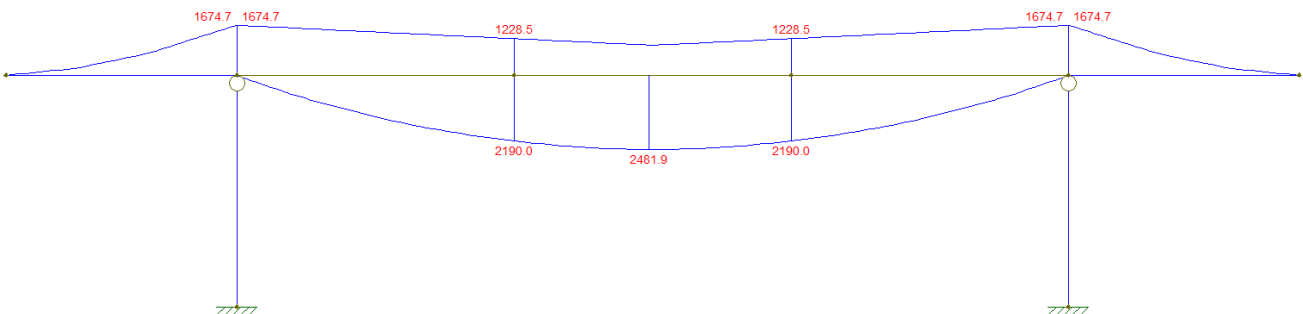


DOCUMENTO TÉCNICO

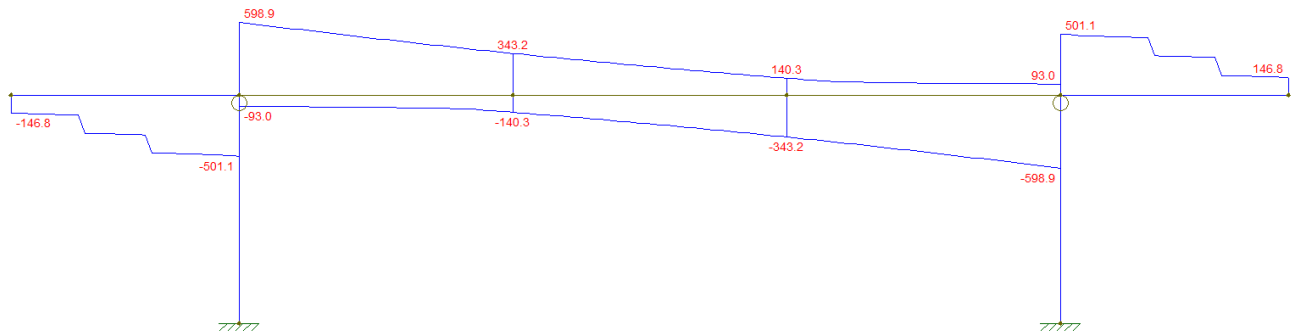
Projeto de readequação (kNm; kN)



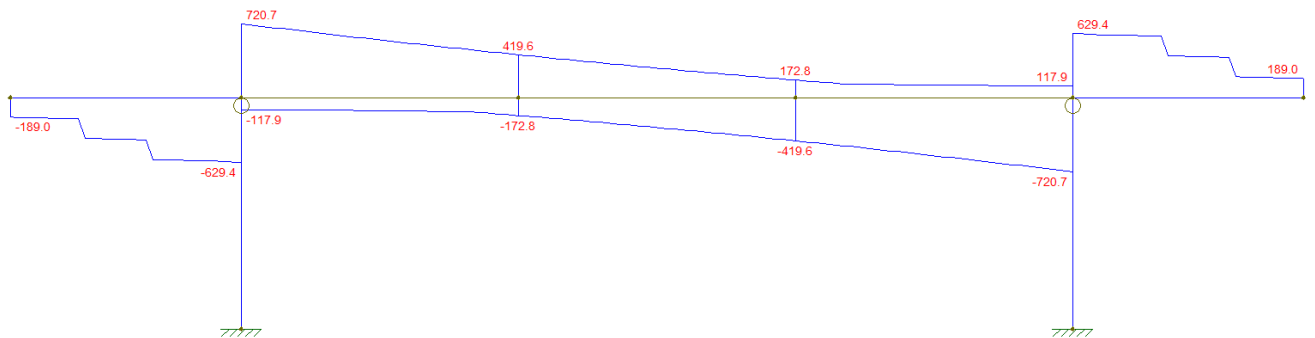
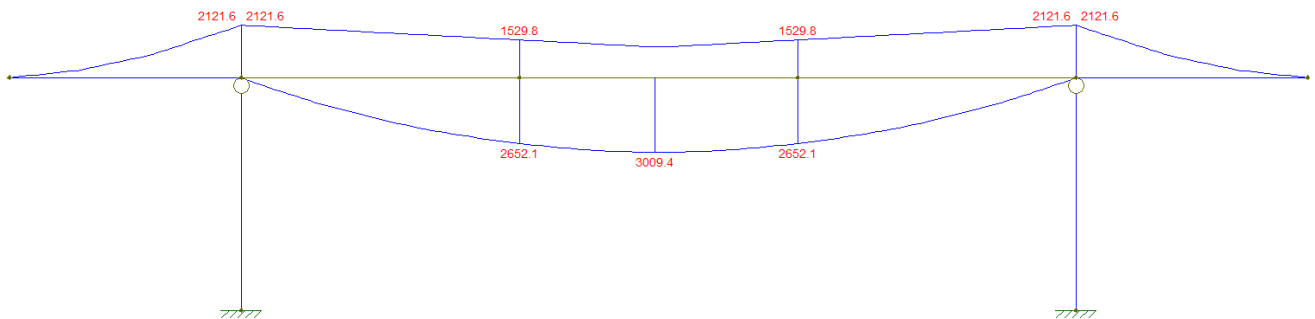
• Carga Móvel TB36 - com coeficiente de impacto (kNm; kN)



DOCUMENTO TÉCNICO



• Carga Móvel TB450 - com coeficiente de impacto (kNm; kN)



Para o cálculo da previsão das armaduras do projeto original foi utilizado a combinação característica dos esforços uma vez que as armaduras eram calculadas no estágio II, por tensões admissíveis. Já para o cenário atual, foi utilizado a combinação de cálculo com fatores de 1,35 para permanente e 1,5 para acidental, e o cálculo se desenvolveu no estágio III.

Além dos esforços obtidos nas análises anteriores, foi considerado metade da laje de aproximação contribuindo com carga em ambas extremidades. Isso aumentou o momento negativo e diminui o positivo. Essa diminuição não foi considerada, a favor da segurança.

DOCUMENTO TÉCNICO

		[kNm]				
		NB6		NBR 7188		
positivo	Mg=	1701,0	Mg=	2124,0	(sem carregamento da laje de aproximação)	
	Mq=	2482,0	Mq=	3010,0		
	Md =	6019,4	Md =	7382,4		
	Mk =	4183,0	Mk =	5134,0		
negativo	Mg=	855	Mg=	1420	(com carregamento da laje de aproximação)	
	Mq=	1675	Mq=	2352		
	Md =	3666,8	Md =	5445,0		
	Mk =	2530,0	Mk =	3772,0		

positivo

Secção	M _d (kNm)	h (cm)	h _f (cm)	d (cm)	bf (cm)	bw (cm)	x (cm)	A _{s,cal} (cm ²)	
NB6 - Estádio 3	6019.4	185	20	175	120	40	46.27	86.04	CA50
NB6 - Estádio 2								180.00	CA37A - f _{adm} = 150 MPa
NBR 7188: 2013	7382.4	202	27	192	120	40	39.44	95.57	CA50

negativo

NB6 - Estádio 3	3666.8	192	20	182	80	80	27.60	49.33	CA50
NB6 - Estádio 2								95.00	CA37A - f _{adm} = 150 Mpa
NBR 7188: 2013	5445.0	192	20	182	80	80	42.46	75.89	CA50

positivo

Secção	A _s (cm ²)	
NB6 - Estádio 3	86.04	CA50
NB6 - Estádio 2	86.40	CA50 equivalente CA37A - f _{adm} = 150 Mpa
NBR 7188: 2013	95.57	CA50 CA37A - f _{yk} = 240 Mpa
REFORÇO:		9.17 cm² 4 φ 20mm (12.6)

negativo

NB6 - Estádio 3	49.33	CA50
NB6 - Estádio 2	45.60	CA50 equivalente CA37A - f _{adm} = 150 Mpa
NBR 7188: 2013	75.89	CA50 CA37A - f _{yk} = 240 Mpa
REFORÇO:		30.29 cm² 6 φ 25mm (30)

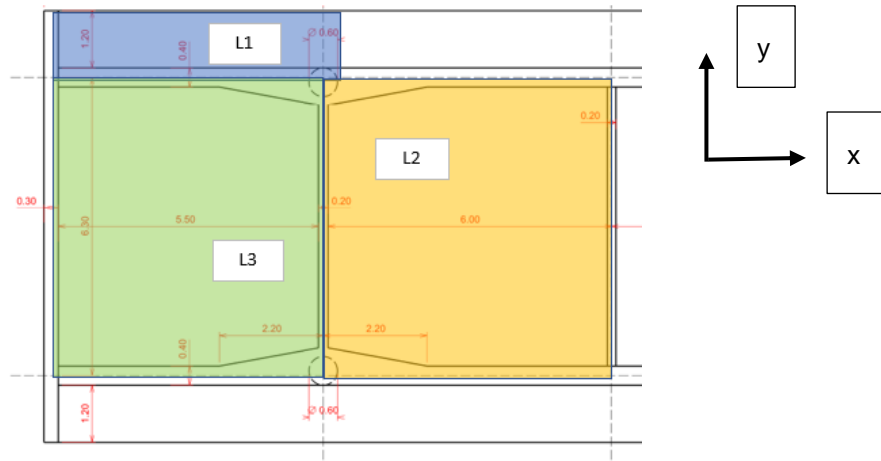
Como a metodologia de cálculo dos estribos pela norma de 1960 não considerava a parcela de contribuição do concreto V_c que vale, segundo a NBR6118, $V_c = 0,6 \cdot 0,15 \cdot 30^{2/3} \cdot 1000 \cdot 1,85 \cdot 0,4 = 640$ kN (cerca de um terço do esforço total de cálculo), a armadura existente está verificada em todas as situações.

DOCUMENTO TÉCNICO

4.4 ESFORÇOS SOLICITANTES NAS LAJES E REFORÇOS

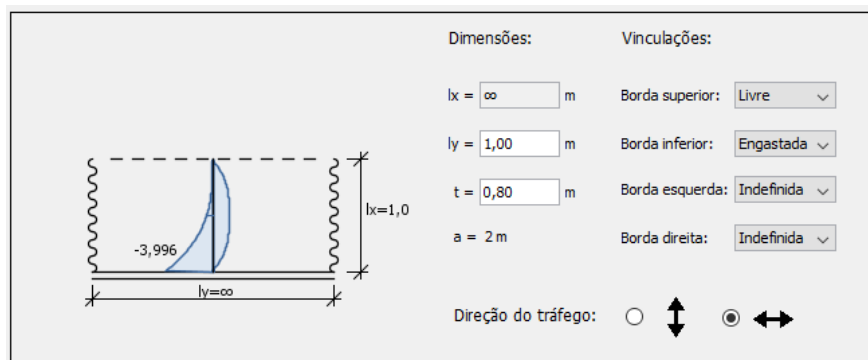
Para o cálculo das lajes foram utilizadas as tabelas de Rüsç para levantamentos dos esforços solicitantes. Os coeficientes de impacto utilizados para estimar a armadura existente é de 1,3 segundo a NB2. Para a readequação foi utilizado 1,35 para as lajes distantes mais de 5m das juntas e para as próximas, utilizou-se o CIA (coeficiente adicional de impacto) de 1,25.

Figura 5 – Em planta, lajes L1 (balanço), L2 (central) e L3 na extremidade.

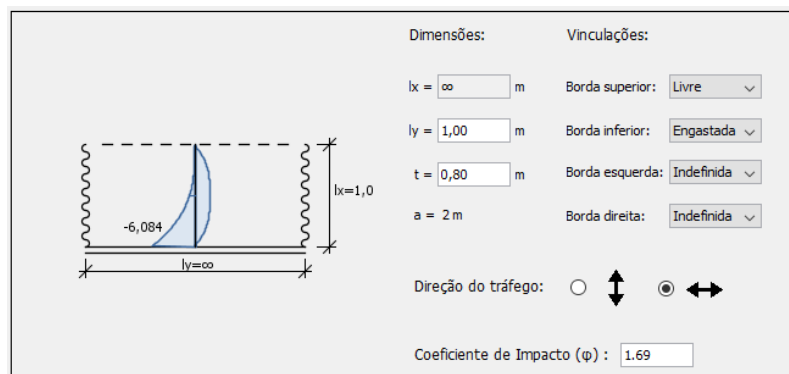


Para L1 (em balanço) os momentos devidos o Trem-tipo são apresentados abaixo:

- NB6



- NBR 7188:2013



DOCUMENTO TÉCNICO

	NB6		NBR 7188	
negativo	Mg=	0.23	Mg=	0.25
	Mq=	3.7	Mq=	6.1
	Mk =	3.9	Md =	9.5

Os demais cálculos seguem a mesma metodologia e são resumidos a seguir:

L2

Direção Y

	NB6		NBR 7188	
positivo	Mg=	0.54	Mg=	0.51
	Mq=	2.26	Mq=	2.60
	Mk =	2.80	Md =	4.59

Direção X

	NB6		NBR 7188	
positivo	Mg=	0,54	Mg=	0.73
	Mq=	2,76	Mq=	3.36
	Mk =	3,30	Md =	6.03
negativo	Mg=	1,24	Mg=	1.70
	Mq=	6,98	Mq=	8.57
	Mk =	8,22	Md =	15.15

L3

Direção X

	NB6		NBR 7188	
positivo	Mg=	0.54	Mg=	0.33
	Mq=	3.30	Mq=	5.40
	Mk =	3.84	Md =	8.55
negativo	Mg=	1.24	Mg=	0.78
	Mq=	8.00	Mq=	13.00
	Mk =	9.24	Md =	20.55

DOCUMENTO TÉCNICO

Direção Y

	[tfm]			
	NB6		NBR 7188	
positivo	Mg=	0.50	Mg=	0.30
	Mq=	3.40	Mq=	5.54
	Mk =	3.90	Md =	8.72

(cm²/m)

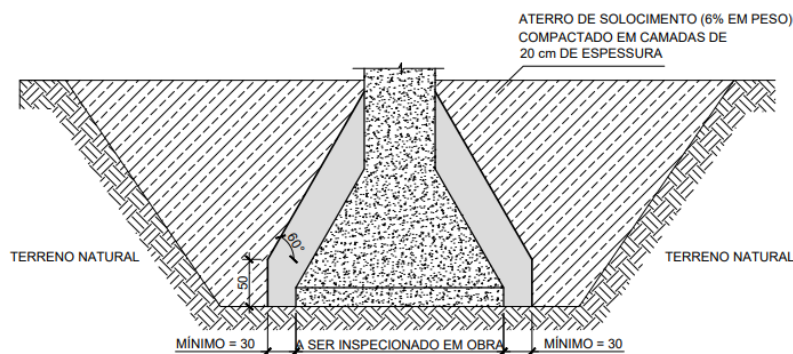
Seção	C37A necessário	C37A existente*	Reforço CA50	Adotado **	
Negativo L1	15.59	11.09	2.16	4	φ 10 c/ 20
Negativo L2 (x)	24.82	23.08	0.84	10	φ 12.5 c/ 12.5
Positivo L2 (y)	9.17	15.00	0.00	0	
Positivo L2 (x)	12.13	15.00	0.00	0	
Negativo L3 (x)	39.26	23.08	7.77	10	φ12.5 c/ 12.5
Positivo L3 (x)	17.42	18	0.00	0	
Positivo L3 (y)	17.78	18	0.00	0	

* valor corrigido pela relação entre braços uma vez que as armaduras estão em posições diferentes

** foram adotados valores superiores ao calculados nesta fase de projeto básico para atender a fadiga nas novas barras e eventuais perdas por corrosão

4.5 FUNDAÇÃO

Os tubulões deverão ser inspecionados para averiguação do tamanho real da base. A tensão máxima na base deve ficar abaixo de 6 MPa. Caso a tensão seja superior, sugere-se o alargamento da base como ilustrado abaixo.



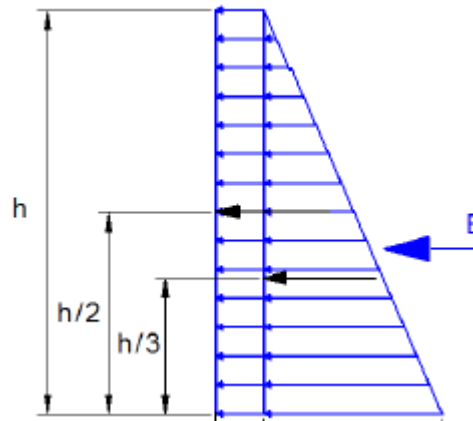
4.6 LAJE DE APROXIMAÇÃO

As lajes de aproximação foram concebidas com as dimensões correntes, comprimento de 4 metros e espessura de 30 cm, ligadas na estrutura por articulação tipo freyssinet. A taxa de armadura adotada, baseada em outras obras, foi de 100 kg/m³ para o projeto básico.

DOCUMENTO TÉCNICO

4.7 CONTENÇÃO

As contenções possuem 15 cm de espessura além de 5cm de concreto projetado. A taxa de armadura adotada foi de 100 kg/m³ para o projeto básico. A obtenção deste valor considerou, a favor da segurança, que a contenção possui 2,50 m em balanço, ou seja, que os tirantes de CA50 instalados servem apenas para garantir a estabilidade do talude. Desta forma, adotando 0,33 de coeficiente de empuxo ativo, 1,8 tf/m³ de peso específico de solo, e 0,5 tf/m² de acidental vertical no maciço tem-se para a um trecho de 1 m em profundidade, em balanço:



$$M_d = 1,4 \cdot (0,5 \cdot 0,33 \cdot 2,5^2 / 2 + 1,8 \cdot 2,5 / 2 \cdot 2,5 / 3 + 0,33 \cdot 1,8 \cdot 2,5) = 5,4 \text{ tfm/m}$$

Considerando a região logo acima da mísula: $M_d = 5,1 \text{ tfm/m}$

As,nec = 10,4 cm²/m → adotado 10,7 cm²/m (φ 10 c/ 7,5).

Para as armaduras na outra face e horizontal adotou-se a mínima de 2,25 cm²/m (ρ = 0,15%) ou φ 6,3 c/ 14.



DOCUMENTO TÉCNICO

CÓDIGO		REV.
MC-DF001-20-05-2019-DER-001-001		A
EMISSÃO	ELABORADO POR	FOLHA
Maio / 2019	JHLD / MLGM / TJS	19 de 22
EMITENTE		

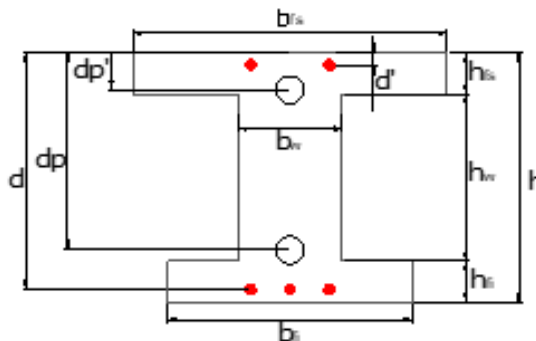
NCEE

**ANEXO A – CÁLCULOS DAS ARMADURAS NO ESTÁDIO 2 – TENSÃO ADMISSÍVEL
ARMADURA COM TENSÃO ADMISSÍVEL DE 150MPA (NB1)**

Negativo V1

ANÁLISE DE SEÇÕES DE CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO NOS ESTÁDIOS I e II

Características Geométricas		
b_{fr}	0.0	cm
h_{fr}	0.0	cm
b_u	80.0	cm
h_u	192.0	cm
b_{fi}	120.0	cm
h_{fi}	20.0	cm
h	212.0	cm
d	202.0	cm
d'	5.0	cm
d_p	0.0	cm
d_p'		cm



CALCULAR LIMPAR RESULTADOS

Características do aço		
A_s	95.0	cm ²
A_s'		cm ²
A_p	0.0	cm ²
A_p'		cm ²
E_{pr6}		m/m
E_{pr6}'		m/m
E_p	195000.0	MPa
E_s	210000.0	MPa

Propriedades Geométricas		
A	1.78	m ²
y_c	1.10	m
y_t	1.02	m
I	0.70588	m ⁴

Característica do concreto		
E_c	14000.0	MPa

*para considerar a omissão diferida em peças de CA, utilizar $E_c - Er15$

Esforços solicitantes de serviço		
N_k	0.0	tf
M_k	253.0	tf.m

Resultados		
ϵ_0	-2.21E-04	m/m
κ	5.32E-06	cm ⁻¹
x	68.87	cm
σ_c	5.13	MPa
σ_s	-148.74	MPa
σ_s'	0.00	MPa
σ_p	0.00	MPa
σ_p'	0.00	MPa

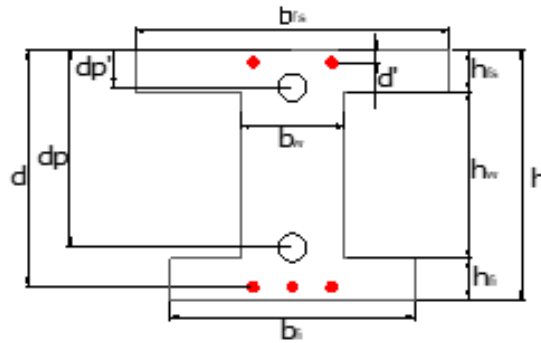
Encontrado $A_s = 95 \text{ cm}^2$ para $f_y = 148,7 \text{ MPa}$.

DOCUMENTO TÉCNICO

Positivo V1

ANÁLISE DE SEÇÕES DE CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO NOS ESTÁDIOS I e II

Características Geométricas		
b_{fr}	120.0	cm
h_{fr}	20.0	cm
b_u	40.0	cm
h_u	165.0	cm
b_{fi}	0.0	cm
h_{fi}	0.0	cm
h	185.0	cm
d	175.0	cm
d'	10.0	cm
d_p	0.0	cm
d_p'		cm



CALCULAR LIMPAR RESULTADOS

Características do aço		
A_s	180.0	cm ²
A_s'		cm ²
A_p	0.0	cm ²
A_p'		cm ²
ϵ_{prk}		m/m
ϵ_{prk}'		m/m
E_p	195000.0	MPa
E_s	210000.0	MPa

Propriedades Geométricas		
A	0.90	m ²
y_r	0.78	m
y_i	1.07	m
I	0.30113	m ⁴

Característica do concreto		
E_{cr}	14000.0	MPa

*para canudorara o efeito diferido em peças de CA, utilizar $E_c - Er/15$

Esforços solicitantes de serviço		
N_k	0.0	tf
M_k	418.2	tf.m

Resultados		
ϵ_0	3.33E-05	m/m
κ	7.65E-06	cm ⁻¹
x	82.19	cm
σ_c	8.80	MPa
σ_s	-149.09	MPa
σ_s'	0.00	MPa
σ_p	0.00	MPa
σ_p'	0.00	MPa

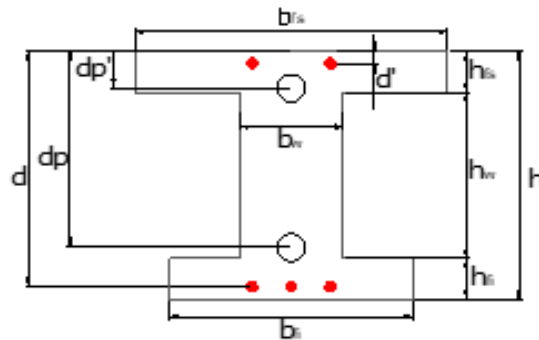
Encontrado $A_s = 180 \text{ cm}^2$ para $f_y = 149,1 \text{ MPa}$.

DOCUMENTO TÉCNICO

Negativo L1

ANÁLISE DE SEÇÕES DE CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO NOS ESTÁDIOS I e II

Características Geométricas		
b_{fx}	100.0	cm
h_{fx}	26.7	cm
b_u	0.0	cm
h_u	0.0	cm
b_{fi}	0.0	cm
h_{fi}	0.0	cm
h	26.7	cm
d	22.7	cm
d'	4.0	cm
d_p	0.0	cm
d_p'		cm



CALCULAR

LIMPAR RESULTADOS

Características do aço		
A_s	14.0	cm ²
A_s'		cm ²
A_p	0.0	cm ²
A_p'		cm ²
ϵ_{pr6}		m/m
ϵ_{pr6}'		m/m
E_p	195000.0	MPa
E_s	210000.0	MPa

Propriedades Geométricas		
A	0.27	m ²
y_z	0.13	m
y_i	0.13	m
I	0.00158	m ⁴

Característica do concreto		
E_c	14000.0	MPa

*para considerara a oita diferida em par de CA, utilizar $E_c - E_{r15}$

Esforços solicitantes de serviço		
N_k	0.0	tf
M_k	4.2	tf.m

Resultados		
ϵ_0	-2.63E-04	m/m
κ	4.82E-05	cm ⁻¹
x	7.88	cm
σ_c	5.32	MPa
σ_s	-149.70	MPa
σ_s'	0.00	MPa
σ_p	0.00	MPa
σ_p'	0.00	MPa

Encontrado $A_s = 14 \text{ cm}^2$ para $f_y = 149,7 \text{ MPa}$.